Aus der Anatomischen Anstalt der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. E. Ludwig

Über Gewicht und Volumen von Rinde und Mark im menschlichen Kleinhirn

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

Katharina Liechtenhan

von Basel

1945

Verlag von S. Karger in Basel

Von der medizinischen Fakultät Basel genehmigt
auf Antrag von Prof. Dr. G. Wolf-Heidegger.

Datum der Promotion: 7. Juli 1944.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Separatdruck aus Acta Anatomica Vol. I, 1945/46

Aus der Anatomischen Anstalt der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. E. Ludwig

Ueber Gewicht und Volumen von Rinde und Mark im menschlichen Kleinhirn

von KATHARINA LIECHTENHAN[1])

Einleitung.

Quantitative Untersuchungen über die Verteilung von grauer und weißer Substanz im Zentralnervensystem des Menschen und einiger Tiere sind schon mehrfach durchgeführt worden, sowohl für die Endhirnhemisphären als auch für das Rückenmark, nicht jedoch für das Kleinhirn.

Während im Rückenmark graue und weiße Substanz einfache Formen besitzen, deren Kubikinhalt leicht bestimmt werden kann, sind die Verhältnisse bei den Endhirnhemisphären und erst recht beim Kleinhirn infolge Faltung der Oberfläche sehr viel komplizierter.

Die Bestimmungen des Volumens der grauen und weißen Substanz, welche bis jetzt durchgeführt worden sind, bedienten sich der Oberflächengröße der Hemisphären zur Berechnung. Die Gehirne wurden jeweilen in Scheiben von bestimmter Dicke zerlegt und auf diesen Schnitten der Umfang der grauen und weißen Substanz oder ihre Fläche ermittelt. Aus diesen Werten und aus der Schnittdicke wurden die Volumina mit Hilfe der Cylinderformel oder derjenigen für einen abgestumpften Kegel ausgerechnet.

Ich nenne die neueren Arbeiten von *Anton* (1903), *Jaeger* (1910 und 1914) und *Dahlberg* (1923). *Von Economo* (1927) berechnete Gewicht und Volumen mit Hilfe der Oberfläche und der Rindendicke; ferner verwendete er die spezifischen Gewichte, die *Danilewsky* (1880) in seiner Arbeit angegeben hat.

Gewichtsbestimmungen von Rinde und Mark der Endhirnhemisphären stammen von *Jensen* (1875), *Danilewsky* (1880), *Ariëns Kappers* (1925) und *Brummelkamp* (1939). *Danilewsky* bestimmte seine Gewichte aus den „bekannten Werten" für das ganze Gehirn und einen Teil davon, sowie aus den spezifischen Gewichten von Rinde und Mark. Welches aber dieser bekannte Teil ist, und wie er ihn isoliert hat, gibt er nicht an.

[1]) Die Arbeit wurde unter Leitung von Prof. Dr. med. et phil. G. Wolf-Heidegger durchgeführt.

Ariëns Kappers und *Brummelkamp* trennten am fixierten Gehirn mit einem feinen Messerchen die Rinde vom Mark und wogen sie, ohne das Mark zu untersuchen.

Für die Untersuchung des Rückenmarks wurden im Prinzip die gleichen Methoden angewendet wie für die Hemisphären (*Stilling* 1859, *Krause* und *Aguerre* 1900, *Donaldson* und *Davis* 1903, *Lassek* 1935, *Moskoff* 1937, *Lassek* und *Rasmussen* 1939).

Zur Bestimmung der Oberfläche gingen besonders die älteren Autoren so vor, daß sie sämtliche Windungen und Furchen mit einer Substanz wie Blattgold (*Wagner* 1864), Staniol (*Jensen* 1875), feinem Seidenpapier (*Henneberg* 1910) oder Silberfolien (*Aresu* 1914) bedeckten und aus der Menge Substanz, die verbraucht worden war, auf die gesuchte Größe der Oberfläche schlossen. *Calori* (1870) zerteilte das Gehirn in verschiedene kleine Lobi. Deren Oberfläche löste er in kleine Dreiecke und Parallelogramme auf. Aus den Seitenlängen dieser geometrischen Figuren berechnete er ihren Flächeninhalt und erhielt dann durch Summation die Oberfläche der einzelnen Lobi und des ganzen Gehirns. *Baillarger* (1872) versuchte die Entfaltung der Gehirnoberfläche durch möglichst vollständiges Abpräparieren der weißen Substanz. Von dieser Rindenlamelle stellte er einen Gipsabguß her und maß dann an diesem die Oberfläche aus, eine Methode, von der *Leboucq* sagt: „Elle n'a que le mérite de l'initiative".

In neuerer Zeit hauptsächlich wurden die Bestimmungen mit dem Planimeter oder mit dem Curvimeter durchgeführt. Bei der erstgenannten Methode kann die Größe der betreffenden Fläche direkt abgelesen werden, bei der anderen wird sie aus Umfang und Schnittdicke durch Multiplikation der beiden Werte berechnet. Manche gingen auch so vor, daß sie die Fläche auf Millimeterpapier aufzeichneten, so daß ihr Quadratinhalt direkt abgelesen werden konnte (*Jaeger* 1910 und 1914, *Tramer* 1916, *Dahlberg* 1923, *Popoff* 1927, *Kraus*, *Davison* und *Weil* 1928, *Gurewitsch*, *Chatschaturian* und *Chatschaturow* 1928, *Kreht* 1933, *Brummelkamp* 1939 und *Bok* 1939).

Leboucq (1929) beschritt einen ganz anderen Weg. Er brachte das Gehirn in eine Glucose-Formalinlösung, dann in Fehling'sche Lösung. Die in die obersten Hirnschichten eingedrungene Glucose reduziert das $CuSO_4$ zu einer Schicht von rotem Cu_2O, welche die ganze Hirnoberfläche überzieht. Titrimetrisch wurde danach die Menge des reduzierten $CuSO_4$ bestimmt. Durch Vergleich mit einem Objekt von bekannter Oberfläche, das auf die gleiche Weise behandelt worden war, konnte dann schließlich die Größe der Hirnoberfläche berechnet werden.

Alle diese Methoden eignen sich für das Kleinhirn seiner viel kleineren Windungen wegen schlecht. Eine Bedeckung der Oberfläche kommt überhaupt nicht in Frage; die Planimetrierung ist sehr schwierig auszuführen und die Methode von *Leboucq* kann nicht angewendet werden, schon weil die Lösungen nicht bis in die Tiefe der Furchen eindringen.

Kreuzfuchs (1902) hat es unternommen, die Kleinhirnoberfläche curveometrisch zu bestimmen. Das Kleinhirn wurde in Lamellen zerlegt, mit Anilinöl aufgehellt und dann wurden die einzelnen Lamellen mit dem *Edinger*'schen Zeichenapparat projiziert. So erhielt *Kreuzfuchs* den Umriß der freien Fläche und der verborgenen Windungen. Diese Größe multipliziert mit der Dicke der betreffenden Lamelle ergibt deren Oberfläche. Da es aber für die Projektion mit senkrecht auffallendem Licht notwendig ist, daß die Schnittrichtung immer genau senkrecht

zur Richtung der Windungen steht, zerlegte er das Kleinhirn in Wurm und Hemisphären und präparierte auch noch die Flocculi und Tonsillen heraus. Dann bearbeitete er jeden dieser Teile für sich.

Diese Methode ist sehr mühsam; *Kreuzfuchs* hat sie nur an einem Kleinhirn durchgeführt und schreibt selbst: „Ich betone, daß die von mir gefundenen Zahlen durchaus keinen Anspruch auf Exaktheit machen; immerhin verschaffen sie uns eine annähernde Vorstellung von Größenverhältnissen, die uns bisher gänzlich mangelten". *Tramer*, der für die Endhirnhemisphären die Oberfläche nach der planimetrischen Methode berechnete, verwirft das *Kreuzfuchs*'sche Verfahren als ungenau. Er schreibt: „Messungen der Kleinhirnoberfläche habe ich selbst nach meinem Verfahren noch nicht ausführen können, vermochte mich aber bereits zu überzeugen, daß mit dem von mir benützten Curvimeter von *Amsler* auch die Umfangslängen eines Kleinhirnschnittes ausmeßbar, wenn auch wegen der Feinheit der Windungen große Vorsicht nötig ist. Durch eine unwesentliche Änderung an dem Instrument gelingt es jedoch diese Schwierigkeiten zu heben und damit dasselbe für Kleinhirnausmessungen gut brauchbar zu machen".

Auch das Vorgehen von *Kraus*, *Davison* und *Weil*, eine Modifikation der Planimetriermethode, soll auf das Kleinhirn anwendbar sein; die Autoren geben aber nur Werte für die Endhirnhemisphären, nicht jedoch für das Kleinhirn an.

Somit ist das von *Kreuzfuchs* untersuchte Kleinhirn das einzige, dessen Oberfläche bestimmt worden ist.

Die weiter unten beschriebene Methode, nach der ich unser Material bearbeitet habe, gestattet es, Gewicht- und Volumenverhältnisse von Rinde und Mark des Kleinhirns zu bestimmen, ohne daß dessen Oberfläche gemessen zu werden braucht. Gewisse Fehler sind auch bei dieser Technik nicht zu vermeiden; da sie aber für jedes Kleinhirn dieselben sind, sind die gefundenen Zahlen als Vergleichswerte – und diese sind es ja, die uns interessieren – durchaus brauchbar.

Die Oberflächengröße des Kleinhirns läßt sich aus den Werten für das Volumen und aus der Dicke der Hirnrinde nach einer sehr einfachen Formel berechnen, wie dies *Danilewsky* für die Endhirnhemisphären durchgeführt hat. Es ist nämlich die Oberfläche gleich dem Volumen der Rinde dividiert durch die Rindendicke.

Es kann also nach unserer Methode bestimmt werden: Gewicht und Volumen von Rinde und Mark des Kleinhirns und aus diesen Größen durch Rechnung die Oberfläche. Als Hilfsgröße muß ferner noch die Rindendicke gemessen werden.

Material und Methodik.

Von vier normalen, gesunden, durch Suicid verstorbenen Individuen, 2 Männern von 25 und 40 Jahren und 2 Frauen von 22 und 34 Jahren, wurde bei der Sektion das Kleinhirn sorgfältig isoliert und während mindestens 4½ Monaten in 10-prozentigem Formol fixiert, dann 24 Stunden gewässert und anschließend mit Boraxkarmin gefärbt. Nach nochmaliger 24-stündiger Wässerung wurde das

Material in Gelatine eingebettet und wieder in 10-prozentiges Formol gebracht. Die Einbettung in Gelatine hat sich als weitaus günstiger erwiesen, als diejenige in Celloidin, da hier keine Schrumpfungsprozesse eintreten, während beim Celloidinverfahren Längenunterschiede bis zu einigen Zentimetern auftreten. Auch im Paraffin tritt nennenswerte Schrumpfung ein, und zwar schrumpfen sowohl Rinde wie Mark als auch die verschiedenen Regionen des Gehirns verschieden stark (*Sarkissow* 1930–31). Nachdem die Breite des eingebetteten Kleinhirns gemessen worden war, wurde es mit dem Mikrotom in sagittaler Richtung in ca. 1 mm dicke Scheiben zerlegt. Dies ergab je nach der Breite 92–98 Schnitte pro Kleinhirn. Die genaue Dicke der Schnitte wurde durch Division der Breite durch die Schnittzahl kontrolliert, wodurch sich ergab, daß die Werte etwas über 1 mm liegen.

Die gesamten Schnitte wurden in fortlaufender Serie mit der Leica photographiert. Auf diese Weise erhielten wir Bilder, auf denen sich die Rinde scharf vom Mark abhebt (Abb. 1).

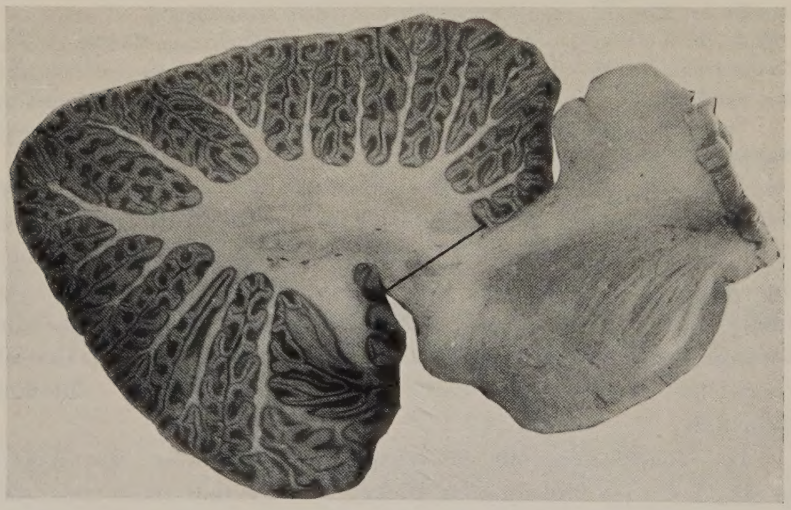

Abb. 1. Schnitt durch Kleinhirn Nr. 2, Vergr. 1,3 ×

Um das weitere Vorgehen zu ermöglichen, mußten die Bilder auf das 2–3fache der natürlichen Maße vergrößert werden. Mit jedem Kleinhirn wurde ein Maßstab mitphotographiert und in der Kopie mit der gleichen Vergrößerung wie das zugehörige Präparat abgebildet. Auf diese Weise kann aus dem Bild des Maßstabes die Vergrößerung direkt abgelesen werden. Die Photographien wurden mit der Schere den äußeren Konturen des Kleinhirns nach ausgeschnitten, wobei das, was an Meningen noch vorhanden war, bis in die Tiefe der Furchen entfernt wurde. Auf unserer Abbildung kann dies der geringeren Vergrößerung wegen nicht demonstriert werden.

Da bei den 4 Präparaten Pons und verschiedengroße Partien der Medulla oblongata belassen worden waren, mußten diese auf den Bildern an einer bestimmten Stelle abgetrennt werden, und zwar jeweilen dort, wo sie in Beziehung zur Kleinhirnrinde treten (s. Abb. 1). Das Gewicht des gesamten Papierhirns

wurde gewogen. Um nun Gewicht und Volumen von Rinde und Mark isoliert bestimmen zu können, war es notwendig, diese beiden Teile auf irgend eine Weise voneinander zu trennen. Da sich auf der Photographie die Rinde deutlich vom Mark unterscheidet und der Arbor vitae infolge der Vergrößerung besser zu sehen ist als in natura, konnte der Markkörper mit einer feinen Schere bis in die äußersten Lamellen ausgeschnitten werden. Die auf diese Art voneinander getrennten Teile, Rinde und Mark, wurden wiederum jeder für sich gewogen.

Nun handelte es sich darum, von den für das Papierhirn gefundenen Werten auf Gewicht und Volumen der Hirnsubstanz umzurechnen.

Zu diesem Zwecke bedurfte es noch weiterer Faktoren, nämlich der spezifischen Gewichte des gesamten Kleinhirns (ohne Pons und Medulla oblongata) und eines Teiles davon, entweder der Rinde oder des Markes. Da es technisch nicht möglich ist, größere, zusammenhängende Stücke der Rinde frei zu präparieren, wurden die Bestimmungen für das Mark durchgeführt.

Das spezifische Gewicht der Hirn- und speziell der Kleinhirnsubstanz wurde von älteren Autoren (*Bischoff* 1864 u. a.) nach der Verdrängungsmethode bestimmt. Es wurde das Gehirn in Luft und anschließend in Wasser gewogen. Division der beiden Werte durcheinander ergibt das spezifische Gewicht.

Später kamen verschiedene Variationen der *Ellermann*'schen Schwebemethode zur Anwendung, die darauf beruht, daß ein Körper in einer Flüssigkeit schwebt, wenn er dasselbe spezifische Gewicht besitzt. Es werden Organstücke in einer Lösung, deren spezifisches Gewicht beliebig variiert werden kann, zum Schweben gebracht. Dann wird das spezifische Gewicht mit dem Aräometer abgelesen (*Reichardt* 1906, *Rieger* 1918, *Rössle* und *Roulet* 1932, *Nadeshdin* 1932).

Unsere Bestimmungen wurden nach der von *Rössle* angegebenen Methode durchgeführt. Eine Mischung von Glyzerin und destilliertem Wasser wird auf ein spezifisches Gewicht von ca. 1045 eingestellt. Kleine Stücke von Hirnsubstanz werden in die Flüssigkeit verbracht und so lange Wasser oder Glyzerin zugesetzt, bis das Stückchen eben schwebt. Dann ist das spezifische Gewicht der Hirnsubstanz dasselbe wie dasjenige der Flüssigkeit, welches mit dem Aräometer abgelesen wird. Zum Vergleich wurde je ein Stück Mark ohne Nucleus dentatus und ein solches mit Nucleus dentatus verwendet und schließlich auch das spezifische Gewicht einer ganzen Kleinhirnhemisphäre (ohne Pons und Medulla oblongata) bestimmt. Die eine Hemisphäre wurde unseziert für ca. 2 Monate in 10prozentiges Formol gebracht. Danach wurden die gleichen Messungen am formolfixierten Material wiederholt. Die Untersuchungen wurden an den Kleinhirnen von 7 Männern im Alter von 19 bis 46 Jahren und von 3 Frauen im Alter von 32 bis 38 Jahren durchgeführt, die mit Ausnahme von einem, wo Herzschlag die Todesursache bildete, durch Unfall oder durch Suicid (Leuchtgasvergiftung) ums Leben gekommen waren.

Weiter wurde an den 4 ursprünglich bearbeiteten Gehirnen die Dicke der Kleinhirnrinde bestimmt. Je 5 der gefärbten Scheiben wurden mit fünffacher Vergrößerung episkopisch projiziert. Mit einem Zirkel wurde die Breite der Rinde bei jedem Schnitt an zehn möglichst senkrecht geschnittenen Stellen gemessen. Dies ergibt pro Kleinhirn 50, im ganzen 200 Werte, aus welchen der Durchschnitt berechnet wurde. Er beträgt 3,11 mm. Die Division durch die Vergrößerung ergibt eine wirkliche Rindendicke von 0,62 mm.

Die Umrechnung von den Werten für das Papierhirn auf diejenigen der Hirnsubstanz geschah folgendermaßen[1]):

Das Photogewicht der Rinde und des Markes kann gewogen werden. Daraus soll mit Hilfe des spezifischen Gewichtes und der linearen Vergrößerung Volumen und Gewicht der Hirnsubstanz errechnet werden.

1 gr Photo entspricht a cm^2 Photopapier.

a cm^2 Photopapier entsprechen $a : l^2$ cm^2 Präparat, d. h. Hirnsubstanz, wobei l die lineare Vergrößerung bedeutet.

$a : l^2$ cm^2 Präparat entsprechen $a : l^2 . d = q$ cm^3 Präparat, wobei d die Schnittdicke der Hirnsubstanz bedeutet.

Es entspricht also 1 gr Photogewicht q cm^3 Präparat und x gr Photogewicht entsprechen $x . q$ cm^3 Präparat.

Multipliziert man diese Zahl mit dem spezifischen Gewicht s des ganzen Kleinhirns (ohne Pons und Medulla oblongata) oder der grauen oder der weißen Substanz, so erhält man die gewünschten Gewichtswerte.

Es blieb noch das Verhältnis zwischen Gewicht und Volumen von Rinde und Mark der vier Präparate zu bestimmen. Bei Kleinhirn Nr. 2 und 3 wurde außerdem die Gegend des Wurms isoliert, und es wurden für dieses Gebiet allein noch einmal dieselben Bestimmungen durchgeführt.

Ergebnisse.

Wie bei Besprechung der Methodik bereits ausgeführt wurde, benötigen wir zur Umrechnung der Volumen- und Gewichtswerte von Papierhirn auf das Kleinhirnpräparat das spezifische Gewicht des Kleinhirns bzw. seiner Rinden- und Marksubstanz am frischen und formolfixierten Material.

Angaben über das spezifische Gewicht des Kleinhirns sind in der Literatur nicht sehr zahlreich.

Bischoff (1864) erhielt Mittelwerte von 1037,2 für Männer und 1043,9 für Frauen bei Wägung des Gehirns in Luft und Wasser, 1040,9 für Männer und 1038,4 für Frauen bei Wägung in Luft und Petroleum.

Bei *Vierordt* (1906) finden wir für das Kleinhirn ein spezifisches Gewicht von 1,0321 angegeben, erfahren jedoch nicht, nach welcher Methode es bestimmt wurde.

Rößle und *Roulet* (1932) geben für das spezifische Gewicht des Kleinhirns folgende Werte an: für Männer 1,0425 und für Frauen 1,045. Die Bestimmungen wurden nach der *Ellermann*'schen Schwebemethode durchgeführt.

Hegglin (1934) beruft sich auf die Zahlenangaben *Rößles*.

---

[1]) Frl. Dr. phil. N. Gutzwiller und Herrn cand. phil. P. Banderet bin ich für ihre liebenswürdige Mithilfe und Kontrolle der Berechnungen sehr zu Dank verpflichtet.

Unsere eigenen Untersuchungen über das spezifische Gewicht der Kleinhirnsubstanz ergaben ziemlich übereinstimmende Resultate. Es wurde jeweilen aus 10 Bestimmungen der Mittelwert berechnet. Dies ergibt am frischen Kleinhirn für die Marksubstanz ohne nucleus dentatus 1,0457, für die Marksubstanz mit nucleus dentatus 1,0452. Für die ganze Kleinhirnhemisphäre (ohne Pons und Medulla oblongata) beträgt der Wert 1,0452.

Am formolfixierten Kleinhirn ergeben sich folgende Zahlen: Mark ohne nucleus dentatus 1,0431, Mark mit nucleus dentatus 1,0431, ganze Kleinhirnhemisphäre (ohne Pons und Medulla oblongata) 1,0430.

Unter gleichen Bedingungen, d. h. sowohl am frischen wie am formolfixierten Kleinhirn ändert sich von Fall zu Fall nur die vierte Dezimalstelle nach dem Komma. Dies kann bei der Rechnung außer Acht gelassen werden, so daß für das Mark und für die ganze Kleinhirnhemisphäre und somit auch für die Rinde das gleiche spezifische Gewicht eingesetzt werden kann. Beim formolfixierten Kleinhirn liegen die Werte für die ganze Hemisphäre um 0,0001 niedriger als diejenigen für das Mark mit und ohne Nucleus dentatus. Es mag dies damit zusammenhängen, daß bei der Fixation den peripheren Teilen mehr Wasser entzogen wird als den zentralen und so das Zentrum der Hemisphäre, d. h. also das Mark, spezifisch etwas schwerer ist. Der Unterschied von 0,0001 spielt aber bei der Rechnung eine so geringe Rolle, daß er nicht berücksichtigt zu werden braucht. Es wurde deshalb für alle Teile des formolfixierten Kleinhirns der Wert von 1,043 eingesetzt. Es ist auch noch zu bemerken, daß sich das spezifische Gewicht der Glyzerin-Wassermischung mit steigender oder fallender Temperatur etwas ändert. Es müßten also eigentlich sämtliche spezifischen Gewichte auf eine bestimmte Temperatur umgerechnet werden, da die Flüssigkeit nicht bei jedem Versuch gleich warm war. Die Unterschiede sind aber gering und werden durch die Zahl von je 10 Messungen für die verschiedenen Kleinhirnregionen ausgeglichen, sodaß dieser Faktor vernachlässigt werden kann.

Da für alle Teile des Kleinhirns dasselbe spezifische Gewicht angenommen wird, müssen nur die für das Volumen gefundenen Zahlen mit dem spezifischen Gewicht multipliziert werden, um die absoluten Gewichtswerte zu erhalten. Das Verhältnis der Gewichte ist somit auch gleich dem der Volumina, und die Prozent-Zahlen für das Volumen gelten auch für das Gewicht.

Kleinhirn Nr. 1

40jähriger Mann, Tod durch Suicid (Leuchtgasvergiftung).

	Frisches Gehirn	Formolfixiertes Gehirn
Volumen der Rinde	88,0 cm^3	88,0 cm^3
Volumen des Markes	38,1 cm^3	38,1 cm^3
Gewicht der Rinde	92,0 gr	91,6 gr
Gewicht des Markes	39,8 gr	39,6 gr
Verhältnis Rinde:Mark	2,3	2,3
%-Rinde	69,8	69,8
%-Mark	30,2	30,2

Oberfläche 1419,35 cm^2

Kleinhirn Nr. 2

22jährige Frau, Tod durch Suicid (Leuchtgasvergiftung).

	Ganzes Kleinhirn		Wurm	
	frisch	fixiert	frisch	fixiert
Volumen der Rinde	103,0 cm^3	103,0 cm^3	6,45 cm^3	6,45 cm^3
Volumen des Markes	43,3 cm^3	43,3 cm^3	1,63 cm^3	1,63 cm^3
Gewicht der Rinde	107,7 gr	107,1 gr	6,74 gr	6,71 gr
Gewicht des Markes	45,2 gr	45,1 gr	1,70 gr	1,69 gr
Verhältnis Rinde:Mark	2,38	2,38	3,96	3,96
%-Rinde	69,5	69,5	79,85	79,85
%-Mark	30,5	30,5	20,15	20,15

Oberfläche 1661,29 cm^2

Kleinhirn Nr. 3

34jährige Frau, Tod durch Suicid (Leuchtgasvergiftung).

	Ganzes Kleinhirn		Wurm	
	frisch	fixiert	frisch	fixiert
Volumen der Rinde	90,7 cm^3	90,7 cm^3	7,88 cm^3	7,88 cm^3
Volumen des Markes	42,9 cm^3	42,9 cm^3	1,98 cm^3	1,98 cm^3
Gewicht der Rinde	94,8 gr	94,3 gr	8,24 gr	8,19 gr
Gewicht des Markes	44,8 gr	44,6 gr	2,07 gr	2,06 gr
Verhältnis Rinde:Mark	2,12	2,12	3,98	3,98
%-Rinde	68,0	68,0	80,0	80,0
%-Mark	32,0	32,0	20,0	20,0

Oberfläche 1462,90 cm^2

Kleinhirn Nr. 4

25jähriger Mann, Tod durch Suicid (Erhängen).

	Frisches Gehirn	Formolfixiertes Gehirn
Volumen der Rinde	60,5 cm^3	60,5 cm^3
Volumen des Markes	37,5 cm^3	37,5 cm^3
Gewicht der Rinde	63,2 gr	62,9 gr
Gewicht des Markes	39,2 gr	39,0 gr
Verhältnis Rinde:Mark	1,62	1,62
%-Rinde	61,8	61,8
%-Mark	38,2	38,2
Oberfläche	975,80 cm^2	

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Kleinhirn Nr.	1	2	3	4
Verhältnis Rinde:Mark	2,31	2,38	2,12	1,62
%-Rinde . .	69,8	69,5	68,0	61,8
%-Mark . .	30,2	30,5	32,0	38,2
Oberfläche .	1419,35 cm^2	1661,29 cm^2	1462,90 cm^2	975,80 cm^2

Wurm

Verhältnis Rinde:Mark . . .	3,96	3,98
%-Rinde	79,85	80,0
%-Mark	20,15	20,0

Besprechung der Ergebnisse.

Unsere Untersuchungen ergeben, daß im Kleinhirn als ganzem die Rinde gegenüber dem Mark in ca. doppelter Menge vorhanden ist, sowohl in Bezug auf das Volumen wie auf das Gewicht. Im Gebiet des Wurms hingegen finden wir ca. 3,5–4 mal mehr Rinde als Mark, d. h. der Wurm besitzt verhältnismäßig fast doppelt soviel graue Substanz als das Gesamtkleinhirn. Die hier geschilderten Verhältnisse gelten für Kleinhirn Nr. 1, 2 und 3. Nr. 4 weicht insofern ab, indem hier relativ mehr Mark vorhanden ist als bei den Kleinhirnen Nr. 1–3, was übrigens auf den Bildern sofort schon bei oberflächlicher Betrachtung auffällt. Ob das noch in den Bereich der individuellen Variationen gehört oder schon auf Anomalien beruht, oder ob das

Abweichen der Todesart bei Fall Nr. 4 eine Rolle spielt, dürfte anhand unseres beschränkten Materials wohl kaum zu entscheiden sein. Ebenso ist für die Entscheidung der Frage, ob in Bezug auf die untersuchten Verhältnisse Geschlechtsunterschiede bestehen, die Zahl von vier Fällen zu gering.

Was die Fehlerquellen anbetrifft, so ist folgendes zu bemerken: es ist natürlich unmöglich beim Ausschneiden ganz genau die Rinde vom Mark zu trennen, auch bei 2–3facher Vergrößerung. Weiter sind geringe Verluste an Papier durch das Schneiden an sich unvermeidlich. Es wurden deshalb bei der Berechnung sämtliche Werte nicht weiter als bis auf zwei Dezimalstellen nach dem Komma ausgerechnet. Nur bei der Messung des spezifischen Gewichts wurde die dritte Dezimalstelle auch noch berücksichtigt, da erst bei dieser Größenordnung Unterschiede auftreten und die Ablesung am Aräometer ziemlich genau ausgeführt werden kann.

Jaeger schreibt für seine Untersuchungen an den Endhirnhemisphären: „Es ist natürlich klar, daß von einer mathematischen Genauigkeit nicht gesprochen werden kann. Das wird auch bei einem so komplizierten und in der Konsistenz so veränderlichen Organ kaum erreicht werden können."

Und weiter: „Auch ist zu berücksichtigen, daß die Fehlerquellen immer dieselben sind, so daß die relativen Vergleichswerte von größerer Bedeutung sind als die absoluten Inhaltsangaben."

Diese Bemerkungen *Jaeger*'s gelten selbstverständlich auch für das Kleinhirn.

Um Vergleiche mit den Hemisphären anstellen zu können, habe ich die %-Zahlen, die sich aus den Literaturangaben berechnen lassen oder schon berechnet sind, benützt.

Die Volumen-Werte für die Endhirnhemisphären betragen nach:

Jaeger: 55,7 % Rinde und 44,3 % Mark
Dahlberg: 53,6 % Rinde und 46,4 % Mark
Ariëns Kappers: 50,65 % Rinde und 49,35 % Mark

Die Gewichtswerte betragen nach:

Danilewsky: 38,3 % Rinde und 61,7 % Mark
Brummelkamp: 49,8 % Rinde und 50,2 % Mark.

Warum die Zahlen von *Danilewsky* stärker von allen übrigen Angaben abweichen, ist nicht klar. Daß er frisches Material ver-

wendet hat, während die anderen Autoren mit fixierten Gehirnen gearbeitet haben, macht nach unseren Erfahrungen keinen Unterschied für die Berechnung der %-Werte. Nur die absoluten Gewichtswerte ändern sich mit dem spezifischen Gewicht der untersuchten Substanz.

Trotzdem die Größen nicht genau übereinstimmen, ist deutlich zu sehen, daß die Endhirnhemisphären im Vergleich zum Kleinhirn mehr Marksubstanz enthalten, d. h. es ist hier annähernd gleich viel graue wie weiße Substanz vorhanden; beim Kleinhirn hingegen überwiegt die graue Substanz eindeutig, was übrigens dem makroskopischen Bild durchaus entspricht.

Die Verhältnisse im Rückenmark entsprechen eher denen der Endhirnhemisphären als denen des Kleinhirns. Ich entnehme die Zahlen der Arbeit von *Donaldson* und *Davis*. Sie betragen für das Volumen der grauen Substanz 55,2 % und für dasjenige der weißen 44,6 %.

Was die Werte für das spezifische Gewicht betrifft, so ist folgendes zu bemerken: der Unterschied zwischen dem frischen und dem formolfixierten Material macht sich an der dritten Dezimalstelle nach dem Komma bemerkbar. Dies ergibt bei der Berechnung der absoluten Gewichtswerte etwas kleinere Zahlen für das fixierte Kleinhirn.

Entsprechend den verschieden großen Volumina der vier Kleinhirne zeigen auch ihre Oberflächen größere Unterschiede. Die Zahlen schwanken von 975,80 cm^2 bis 1661,29 cm^2. *Kreuzfuchs* gibt für das von ihm gemessene Kleinhirn eine Gesamtoberfläche von 842,64 cm^2 an. Dieser Flächenwert ist etwas kleiner als unsere Werte, stimmt aber größenordnungsmäßig mit ihnen überein. Die Entscheidung, ob es sich im einen Fall um ein besonders großes, oder im andern Fall um ein besonders kleines Kleinhirn handelt, kann anhand von nur 5 Fällen nicht getroffen werden.

Ganz genau sind wohl beide Untersuchungsmethoden nicht. *Kreuzfuchs* betont, daß seine Zahlen nur eine annähernde Vorstellung der Größenverhältnisse liefern. Dasselbe dürfte auch für die Rechenmethode gelten, die nur für einfache geometrische Körper exakt ist, z. B. für eine Halbkugel mit großem Krümmungsradius und dünner Rinde, d. h. einer ziemlich flachen Rindenlamelle, nicht aber für Körper mit kleinem Krümmungsradius und dicker Rinde. Einigermaßen wird sich der Fehler beim Kleinhirn immerhin ausgleichen, da die Windungen bald nach außen, bald nach innen

konvex sind. Wie weit dieser Ausgleich geht, ist allerdings nur einigermaßen abzuschätzen, auf keinen Fall bei einem so kompliziert gebauten Körper wie das Kleinhirn, genau zu bestimmen, so daß auch unsere Zahlen, so gut wie die von *Kreuzfuchs*, nur eine annähernde Vorstellung der Größenordnung geben.

Zusammenfassung.

1. Vier Kleinhirne normaler, gesunder, durch Suicid verstorbener Individuen wurden auf die Volumen- und Gewichtsverhältnisse von Rinde und Mark und auf ihre Oberfläche untersucht.
2. Kleinhirn Nr. 1, 2 und 3 ergaben weitgehend übereinstimmende Werte, wobei die Verhältniszahlen: Gewicht der Rinde zu Gewicht des Marks und Volumen der Rinde zu Volumen des Marks zwischen 2,12 und 2,38 liegen.
3. Kleinhirn Nr. 4 weicht insofern von den anderen drei ab, als es relativ mehr Mark enthält. Das Verhältnis der Gewichte und Volumina von Rinde zu Mark beträgt hier 1,62.
4. Bei Kleinhirn Nr. 2 und 3 wurde noch die Gegend des Wurms gesondert untersucht. Es ist hier das Verhältnis von Rinde zu Mark 3,96 und 3,89. In diesem Gebiet des Kleinhirns ist also das Verhältnis zu Gunsten der Rinde verschoben.
5. Endhirnhemisphären und Rückenmark weisen beide annähernd gleichviel graue wie weiße Substanz auf, wogegen im Kleinhirn die graue über die weiße Substanz dominiert.
6. Bestimmungen des spezifischen Gewichts ergaben für das frische Kleinhirn 1,0452–1,0457 und für das formolfixierte Kleinhirn 1,0430–1,0431.
7. Die Oberfläche der vier Kleinhirne schwankt zwischen 975,80 cm^2 und 1661,29 cm^2.

Summary.

1. The relative weights and volumes of the gray and white substance as well as the surfaces of 4 cerebella of normal, healthy individuals, who died by suicide, have been examined.
2. About the same results were found for cerebellum number 1, 2 and 3. The relations: weight of the gray substance to weight of the white substance and volume of the gray substance to volume of the white substance are between 2,12 and 2,38.
3. The fourth case is different from the three others; the relation of gray to white substance in this case is 1,62.

4. The vermis of cerebellum number 2 and 3 has been specially examined. Here the relation between gray and white substance is 3,96 in the one and 3,89 in the other case. In the cerebellum, then, the relation is in favor of the gray substance.
5. The hemispheres of both the brain and the spinal cord have nearly as much gray as white substance, whereas in the cerebellum the gray substance is predominant.
6. The specific weight of the fresh cerebellum varies from 1,0452 to 1,0457, that of the formalin-conserved cerebellum from 1,0430 to 1,0431.
7. The surfaces of the 4 cerebella vary from 975,80 cm^2 to 1661,29 cm^2.

Résumé.

1. L'auteur a déterminé le volume et le poids respectifs de la corticale et de la médullaire ainsi que la surface de 4 cervelets d'individus normaux, mourus par suicide.
2. Dans trois cas les chiffres calculés concordent; l'index: poids de la corticale/poids de la médullaire et volume de la corticale/volume de la médullaire varie entre 2,12 et 2,38.
3. Le quatrième cas diffère des trois autres par le fait que la substance médullaire y est plus abondante; l'index calculé est ici de 1,62.
4. Le vermis des cervelets No. 2 et 3 a fait l'objet de recherches spéciales; l'index cortex/médullaire comporte 3,96 et 3,89. On doit admettre que dans cette région du cervelet l'index montre une substance corticale plus abondante.
5. Les hémisphères cérébrales et la moelle épinière sont composées d'une masse à peu près égale de substance grise et de substance blanche; dans le cervelet par contre la substance grise prédomine.
6. Le poids spécifique du cervelet frais est de 1,0452–1,0457, celui du cervelet fixé au formol est de 1,0430–1,0431.
7. La surface du cervelet varie dans les quatre cas examinés entre 975,80 cm^2 et 1661,29 cm^2.

LITERATURVERZEICHNIS

Anton, G.: Wien. klin. Wschr. *16*, 1263, 1903. - *Aresu, M.:* Arch. italian. Anat. e Embr. *12*, 1914, zit. n. Leboucq. – *Ariëns Kappers, C. U.:* Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterd. *28*, 844, 1925. – *Baillarger, J.:* Recherches sur l'anatomie, la physiologie et la pathologie du système nerveux. Paris, Masson, 1872. – *Bischoff:* Sitz.-Ber. bayer. Akad. d. Wiss. München *2*, 342, 1864. – *Bok, S. T.:*

Nederl. Tijdschr. Geneesk. *83*, I, 8, 867, 1939. – *Brummelkamp, R.:* Proc. Kon. Nederl. Akad. Wetensch. Amsterd. *42*, 446, 1939. – *Calori, L.:* Memorie dell'Acad. delle Sci. dell'ist. di Bologna, Serie seconda, *10*, 137, 1870. – *Dahlberg, G.:* Anat. Anz., *57*, 49, 1923. – *Danilewsky, B.:* Centralbl. f. d. mediz. Wissensch., *18*, 241, 1880. – *Donaldson, H.* und *J. Davis:* J. comp. Neurol., *13*, 19, 1903. – *v. Economo, C.:* Zellaufbau der Großhirnrinde des Menschen. Berlin, Springer, 1927. – *Ellermann, V.:* Centralbl. f. allg. Path. u. path. Anat. *28*, 18, 1917. – *Gurewitsch, M., A. Chatschaturian* und *A. Chatschaturow:* Zschr. ges. Neurol. u. Psych., *114*, H. 112, 50, 1928. – *Hegglin, R.:* Ztschr. f. Konstitutionslehre, *18*, 110, 1934. – *Henneberg, R.:* J. Psychol. u. Neurol., *17*, H. 3/4, 144, 1910–11. – *Jaeger, R.:* Planimetrische Messungen der Rinden- und Marksubstanz des Großhirns. Versuch einer Volumbestimmung. Med. Diss. Halle a. S. 1910. – *Jaeger, R.:* Arch. Psychiatr., *54*, 261, 1914. – *Jensen, J.:* Arch. Psychiatr., *5*, 587, 1875. – *Kraus, W., Ch. Davison* und *A. Weil:* Arch. Neurol. u. Psychiatr., *19*, Nr. 3, 454, 1928, Ref. Anat. Ber., *22*, 123. – *Krause, R.* und *Aguerre, J.:* Anat. Anz., *18*, 239, 1900. – *Kreht, H.:* J. Psych. u. Neurol., *45*, 214, 1933. – *Kreuzfuchs, S.:* Arbeiten aus dem neurologischen Institute an der Wiener Universität, 9. Heft, 274, 1902. – *Lassek, A. M.:* J. comp. Neurol., *62*, 361, 1935. – *Lassek, A. M.* and *G. Rasmussen:* J. comp. Neurol., *70*, 137, 1939. – *Leboucq, G.:* Acad. R. Belg., Cl. d. Sci., Mémoires, 2. Série, *10*, fasc. 9, 3, Bruxelles, 1929. – *Moskoff, M.:* Verh. Anat. Ges. 44. Vers., 141, Mailand, 1937. – *Nadeshdin, W. A.:* Dtsch. Ztschr. gerichtl. Mediz., *18*, 426, 1932. – *Popoff, N.:* J. Psychol. u. Neurol., *34*, 238, 1927. – *Reichardt, M.:* Über die Untersuchung des gesunden und kranken Gehirnes mittels der Wage. Med. Habil.-Schrift, kgl. bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg. Jena, Fischer, 1906. – *Rieger, C.:* Arbeiten aus der psychiatr. Klinik zu Würzburg. H. 9. Die Meßstange. Jena, G. Fischer, 1918. Zit. n. Rössle. – *Rössle, R.:* Obduktion und Maßmethoden an Leichenorganen, in: Abderhalden, Handb. d. Biol. Arbeitsmethoden, Abt. 8, 1. Teil, 2. Hälfte, p. 1237, 1924. – *Rössle, R.* und *F. Roulet:* Maß und Zahl in der Pathologie, in: Pathologie und Klinik in Einzeldarstellungen, 5, Berlin und Wien, Julius Springer, 1932. – *Sapir, J. D.:* J. Psychol. u. Neurol., *39*, 390, 1929. – *Sarkissow, S. A.:* J. Psychol. u. Neurol., *41*, 76, 1930–1931. – *Stilling, B.:* Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarkes. Cassel, 1859. – *Tramer, M.:* Arbeiten aus dem Hirn-anatomischen Institut in Zürich, Heft 10, 1, 1916. – *Vierordt, H.:* Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen, 3. Aufl., Jena, G. Fischer, 1906. – *Wagner, H.:* Maßbestimmungen der Oberfläche des großen Gehirns. Phil. Diss. Göttingen, 1864. – *Ziehen, Th.:* Handb. d. Anat. d. Menschen, herausg. v. A. H. von Eggeling, Bd. 4. Centralnervensystem 2. Abt., p. 897, Jena, 1934.

Eingegangen 10. Juli 1944.